

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA
KERANG DARA (*Anadara granosa*) DI SUNGAI BURUNG
KECAMATAN DENTE TELADAS KABUPATEN
TULANG BAWANG**

Skripsi

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat-
Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan
dalam Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Oleh

**FIKI VIANTI
NPM. 1711060186**

Program Studi : Pendidikan Biologi



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN
LAMPUNG
1442 H/2021 M**

**IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA
KERANG DARA (*Anadara granosa*) DI SUNGAI BURUNG
KECAMATAN DENTE TELADAS KABUPATEN
TULANG BAWANG**

Skripsi

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat-
Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan
dalam Ilmu Tarbiyah dan Keguruan



Pembimbing I : Yessy Velina, M. Si

Pembimbing II : Suci Wulan Pawhestri, M. Si

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN
LAMPUNG
1442 H/2021 M**

ABSTRAK

Kerang Dara (*Anadara granosa*) merupakan hewan moluska (binatang lunak) yang memiliki dua buah cangkang (*bivalvia*). Salah satu kerang yang banyak di temukan di perairan Indonesia dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki kandungan protein yang tinggi. Spesies ini bersifat filter feeder dan tampaknya begitu berguna dalam memberikan indikasi beban polutan sedimen di lingkungan tropis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat apa yang terdapat pada kerang dara (*Anadara granosa*) berdasarkan identifikasi kandungan logam berat di daerah sungai burung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2021. Parameter yang diamati adalah timbal, kadmium, dan chromium. Penelitian ini menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) dengan menggunakan 1 perlakuan dan dua tempat yang berbeda. Penelitian ini menggunakan kerang dara 1 kg yang diteliti di Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung. Hasil penelitian ini menunjukkan logam berat yang terkandung dalam kerang dara yang berada di Sungai Burung terdapat 3 jenis, yaitu: Timbal (Pb) pada stasiun I berjumlah 53% lebih besar dari stasiun II, Kromium (Cr) 66% lebih besar dari stasiun II dan Kadmium (Cd) 72% lebih besar dari stasiun II. Konsentrasi logam berat yang terkandung dalam kerang dara yang jaraknya dekat dengan rumah lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi logam berat kerang dara yang jaraknya jauh dari rumah. Aktivitas masyarakat disekitar Sungai Burung amat sangat mempengaruhi kandungan logam berat pada kerang dara.

Kata kunci: Kerang dara (*Anadara granosa*), Timbal, Kadmium, Chromium.

SURAT PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fiki Vianti
NIM : 1711060186
Jurusan/Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Identifikasi Kandungan Logam Berat pada Kerang Dara (*Anadara Granosa*) di daerah Sungai Burung Kecamatan Dente Teladas Kabupaten Tulang Bawang” adalah benar-benar merupakan hasil karya penyusun sendiri, bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam footnote atau daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya pada penyusun. Demikian surat pernyataan saya buat agar dapat di maklumi.

Bandar Lampung, 06 Agustus 2021

Penulis



FIKI VIANTI
NPM. 1711060186



KEMENTRIAN AGAMA RI
UIN RADEN INTAN PROVINSI LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat : Jl. Endro Suratmin, Sukarame, Bandar Lampung. Telp (0721)703260

PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Identifikasi Kandungan Logam Berat Pada
Kerang Dara (*Anadara Granosa*) di Sungai
Burung Kecamatan Dente Teladas Kabupaten
Tulang Bawang
Nama : Fiki Vianti
NPM : 1711060186
Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyetujui

Untuk Dimunaqosyahkan dan Dipertahankan Dalam Sidang
Munaqosyah Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan UIN Raden Intan
Lampung

Pembimbing I

Yessy Velina, M.Si.
NIP.198702012015032003

Pembimbing II

Suci Wulan Pawhestri, M.Si.
NIP. -

Mengetahui,

Ketua Prodi Pendidikan Biologi

Dr. Eko Kuswanto, M.Si.
NIP. 197505142008011009



KEMENTERIAN AGAMA RI
UIN RADEN INTAN PROVINSI LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat : Jl. Endro Suratmin, Sukarame, Bandar Lampung. Telp (0721)703260

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Identifikasi Kandungan Logam Berat Pada Kerang Dara (*Anadara Granosa*) di Sungai Burung Kecamatan Dente Teladas Kabupaten Tulang Bawang”** disusun oleh: **Fiki Vianti**, NPM: **1711060186**, Prodi: **Pendidikan Biologi**, telah diujikan dalam Sidang Munaqasyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung pada Hari/Tanggal: **Kamis, 30 September 2021**.

TIM MUNAQSYAH

Ketua Sidang : Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd. (.....)

Sekretaris : Ovi Prasetya Winandari, M.Si. (.....)

Penguji Utama : Marlina Kamelia, M.Sc. (.....)

Penguji I : Yessy velina, M.Si. (.....)

Penguji II : Suci Wulan Pawhestri, M.Si. (.....)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



Prof. Dr. H. Nirva Diana, M.Pd.
196408281988032002

MOTTO

**Manusia tidak akan puas dengan hanya satu disiplin ilmu.
Karena manusia adalah makhluk multitalenta.**



PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang dan rasa syukur yang tidak terkira. Sebagai ungkapan terimakasih, ku persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tuaku, ibu yang telah melahirkan ku membesarkan ku dengan penuh kasih sayang. Bapak yang selalu mendukung, menuangkan kasih sayangnya dengan teramat sempurna. Untuk kedua orang tuaku yang telah mensupport ku.
2. Untuk keluarga besarku yang selalu mendukungku.

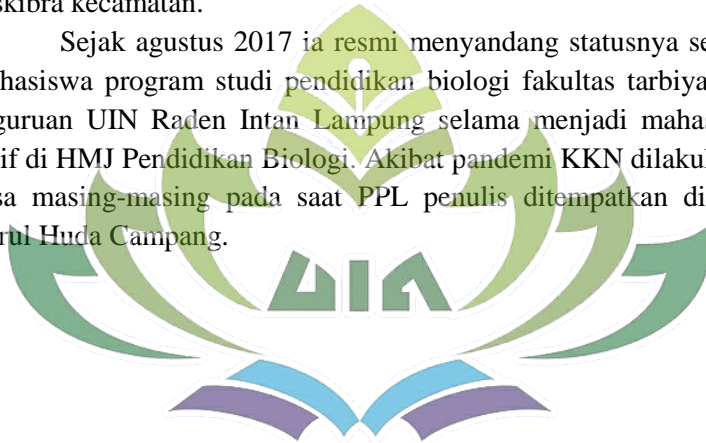


RIWAYAT HIDUP

Fiki Vianti lahir di Surabaya ilir, 21 Mei 23 tahun silam dari orang tua bernama bapak suyanto dan ibu musriah. Hidup di desa dengan keindahan alam yang mempesona sawah terhampar.

Pertama kali masuk sekolah pada tahun 2005 dan selesai pada tahun 2011 di SDN 1 Surabaya Ilir, kemudian setelah lulus melanjutkan di MTs N 2 dari tahun 2012-2014, ketika MTs ia aktif mengikuti kegiatan rohani yang dimulai menghafal alquran juz 30. Kemudian melanjutkan sekolah lagi di SMAN 1 Bandar Surabaya dari tahun 2015-2017, selain kegiatan akademik ia aktif mengikuti kegiatan paskibra beberapa kali mengikuti lomba PBB dan mengikuti paskibra kecamatan.

Sejak agustus 2017 ia resmi menyangsang statusnya sebagai mahasiswa program studi pendidikan biologi fakultas tarbiyah dan keguruan UIN Raden Intan Lampung selama menjadi mahasiswa, aktif di HMJ Pendidikan Biologi. Akibat pandemi KKN dilakukan di desa masing-masing pada saat PPL penulis ditempatkan di MTs Darul Huda Campang.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Tuhan zat yang maha suci atas rahman dan rahim nya lah penulis mampu menyelesaikan skripsi berjudul **“Identifikasi Kandungan Logam Berat pada Kerang Dara (*Anadara Granosa*) di Sungai Burung Kecamatan Dente Teladas Kabupaten Tulang Bawang”** ini dengan baik. Shalawat teriring salam untuk kekasih Allah Rasulullah Muhammad SAW. Yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang yaitu islam rahmatan lil alamin. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Nirva Diana, M.Pd selaku dekan fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung
2. Dr. Eko Kuswanto, M.Pd. Selaku ketua jurusan Pendidikan Biologi, dan Fredi Ganda Putra, M.pd Selaku sekretaris jurusan Pendidikan Biologi
3. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus ini
4. Ibu Yessy Velina, M.Si yang telah memberi ruang sehingga penulis bisa belajar dan mengeksplor lebih jauh terkait dunia penelitian dan Suci Wulan Pawhestri, M.Si. selaku pembimbing selama penulis berstatus mahasiswa. kedua pembimbing yang bersedia meluangkan waktu, mentransfer ilmunya dan memberi arahan sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi penelitian ini.
5. Untuk teman seperjuanganku Anggel, Devi, Melly, Rere dan Santi. Terimakasih sudah menjadi teman curhat keluh kesahku.
6. Untuk adik kosan Fatma terimakasih sudah menjadi pendengar yang baik.
7. Untuk BTS yang menjadi self healingku, terimakasih untuk lagu-lagunya yang sudah memotivasi.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PERSETUJUAN.....	iv
PENGESAHAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii

BAB I PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul.....	1
B. Latar Belakang.....	2
C. Identifikasi dan Batasan Masalah.....	8
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian.....	8
F. Manfaat Penelitian.....	8
G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	9
H. Sistematika Penelitian.....	11

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Yang Digunakan.....	13
1. Kerang Dara (<i>Anadara granosa</i>).....	13
2. Budidaya kerang dara (<i>Anadara granosa</i>).....	18
3. Tinjauan Logam Berat.....	19
4. Bioindikator.....	26
5. Cara Kerja AAS.....	27

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
B. Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	32
C. Populasi Sampel, dan Teknik Pengumpulan Data.....	32

D. Cara Kerja	32
E. Instrumen Penelitian.....	33
F. Teknik Analisis Data.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian.....	35
B. Pembahasan	36

BAB V SIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan.....	47
B. Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kandungan Logam Berat Pada Kerang Stasiun I.....	38
Tabel 4.2 Kandungan Logam Berat Pada Kerang Stasiun II.....	38
Tabel 4.3 Presentasi Selisih Antara Kerang Dara Stasiun I dan Stasiun II	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Keadaan sungai burung jauh permukiman.....	7
Gambar 1.2 Keadaan sungai dekat dari permukiman.....	7
Gambar 2.1 Kerang dara.....	14
Gambar 2.2 Alat AAS.....	32
Gambar 3.1 Pengambilan kerang dara.....	33



BAB I

PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Proposal ini berjudul **“Identifikasi Kandungan Logam Berat Pada Kerang Dara (*Anadara granosa*) di Sungai Burung Kecamatan Dente Teladas Kabupaten Tulang Bawang”**. Penulis akan menjelaskan istilah yang terdapat pada judul penelitian ini:

1. Identifikasi merupakan kegiatan untuk mencari, menemukan, mengumpulkan data, meneliti, mendaftarkan, mencatat data dan informasi dari “kebutuhan” lapangan. Pada penelitian ini penulis akan mengidentifikasi kandungan logam berat pada kerang dara.¹
2. Logam berat, istilah logam berat dapat diartikan untuk logam transisi dengan nomor atom lebih besar dari 20 dan berat jenis lebih besar dari 5 g/cm³. Logam berat merupakan unsur logam yang bersifat racun bagi tanaman dan hewan meskipun dalam konsentrasi yang sangat rendah².
3. Kerang Dara (*Anadara granosa*) merupakan hewan moluska (binatang lunak) yang memiliki dua buah cangkang (*bivalvia*)³. salah satu kerang yang banyak di temukan di perairan Indonesia dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki kandungan protein yang tinggi.

¹ Tindak” (On-line), tersedia di <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/tindak> (diakses pada Kamis 29 oktober 2020), Pukul 10.10.

² Esti Sudaria Ulfah, Boedi Setya, and Kustiawan Tri, “Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Berbagai Ukuran Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Di Perairan Pantai Bancaran Kabupaten Bangkalan , Madura Study of Heavy Metal Cadmium Content (Cd) In Various Sizes of Blood Shells (*Anadara Granosa*) In ” 8, no. September (2019).

³ Said Lotfi, Miloud Chakit, and Driss Belghyti, “Groundwater Quality and Pollution Index for Heavy Metals in Sais Plain, Morocco,” *Journal of Health and Pollution* 10, no. 26 (2020): 1–12, <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.26.200603>.

B. Latar Belakang Masalah

Plastik dengan berbagai ukuran telah menjadi bentuk sampah laut yang paling dominan dan diperkirakan setidaknya 5,25 triliun partikel plastik dengan berat di atas 268.000 ton telah dibuang ke lautan, bukti ilmiah yang semakin meningkat bahwa organisme laut yang dikonsumsi manusia menelan mikroplastik langsung dari air laut. Partikel plastik dengan berbagai ukuran tidak hanya mengandung aditif tetapi juga kontaminan antropogenik lainnya, seperti bahan kimia organik yang teradsorpsi dari air laut sekitarnya. Polutan ini termasuk zat persisten, bioakumulatif, dan beracun (PBT). Partikel mikroplastik tampaknya bertindak sebagai pembawa kontaminan ini ke satwa liar. Ketika tertelan oleh organisme laut, PBT dapat dilepaskan ke cairan pencernaan dan dapat ditransfer ke jaringan⁴.

Logam berat merupakan unsur biologis esensial, logam berat juga merupakan zat beracun yang tidak dapat terurai secara biologis di atas konsentrasi ambang tertentu dan merupakan zat yang merugikan pada hewan dan kesehatan manusia. Sebuah penelitian terbaru menunjukkan formasi moluska laut yang dibudidayakan di Teluk Jakarta, Indonesia sebagai bioindikator dari pencemaran logam berat di lingkungan. Selain itu, sistem pertahanan tubuh manusia yang lemah belum mampu mendeteksi logam berat yang terakumulasi di dalam moluska laut. Jadi peneliti memperhatikan keamanan pangan yang semakin meningkat karena moluska laut merupakan hasil pangan laut yang bersifat komersial⁵. Studi tentang kerang dara yang terakumulasi logam berat telah banyak dilakukan di beberapa negara seperti Indonesia⁶, Malaysia⁷ dan Thailand. Penilaian moluska telah

⁴ Alonzo Alfaro-Núñez et al., "Microplastic Pollution in Seawater and Marine Organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos," *Scientific Reports* 11, no. 1 (2021): 1–8, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85939-3>.

⁵ Nanik Heru Suprapti, "Kandungan Chromium Pada Perairan, Sedimen Dan Kerang Darah (Anadara Granosa) Di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah," *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi* 10, no. 2 (2012): 36, <https://doi.org/10.14710/bioma.10.2.36-40>.

⁶ I. Achmadi, B. Setya, and A. A. Ahadi, "The Effectiveness of Combination of Seaweed (*Gracillaria* Sp.), Blood Clamp (*Anadara Granosa*), and Zeolite as Biofilter in the Reduction of Heavy Metal Copper (Cu)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 236, no. 1 (2019), <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012058>.

dipelajari yang kemungkinan besar dapat terkontaminasi logam berat yang membahayakan kesehatan manusia⁸.

Urutan variasi akumulasi logam berat yang ditemukan dapat menyebabkan resiko kesehatan. Misalnya, urutan akumulasi dari suatu penelitian ditemukan sebagai Cd> Hg> Zn / As> Cu>Cr / Pb, sedangkan penelitian lain menemukan Cu> Cr> Cd> Hg. Variasi ini terjadi dalam skala musiman⁹. Oleh karena itu, studi baseline tentang temporal diperlukan dalam variasi akumulasi logam berat pada moluska, untuk penelitian lebih lanjut tentang kesehatan moluska yaitu dengan mengevaluasi dari beberapa lokasi tertentu sebagai produk pangan perikanan dengan kandungan gizi yang cukup tinggi. Ada banyak variasi pada hasil korelasi logam berat di lingkungan dengan menggunakan jaringan lunak moluska. Fluktuasi hidrologi aliran sungai mungkin berhubungan dengan variasi polutan dalam organisme laut¹⁰.

Moluska terkenal dengan akumulasi logam pada jaringan lunaknya¹¹. Sebagai salah satu sumber makanan yang berprotein tinggi, akumulasi logam dalam moluska ini dapat membahayakan manusia¹². Penelitian ini akan mengidentifikasi kandungan logam

⁷ Suntorn Sudsandee et al., "Evaluating Health Risks Posed by Heavy Metals to Humans Consuming Blood Cockles (*Anadara Granosa*) from the Upper Gulf of Thailand," *Environmental Science and Pollution Research* 24, no. 17 (2017): 14605–15, <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9014-5>.

⁸ A Amriarni, Budi Hendarto, and Agus Hadiyanto, "Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa* L.) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis* L.) Di Perairan Teluk Kediri," *Jurnal Ilmu Lingkungan* 9, no. 2 (2012): 45, <https://doi.org/10.14710/jil.9.2.45-50>.

⁹ Faruk Hossen, Sinin Hamdan, and Rezaur Rahman, "Cadmium and Lead in Blood Cockle (*Anadara Granosa*) from Asajaya , Sarawak , Malaysia," *The Scientific World Journal* 2014 (2014): 4.

¹⁰ Sudsandee et al., "Evaluating Health Risks Posed by Heavy Metals to Humans Consuming Blood Cockles (*Anadara Granosa*) from the Upper Gulf of Thailand."

¹¹ Y Koray Kucuk and Akasya Topcu, "Ecological Risk Assesment and Seasonal-Spatial Distribution of Trace Elements in the Surface Sediment of Trabzon Harbour, Turkey," *Open Journal of Ecology* 7, no. 5 (2017): 348.

¹² Juan Antonio Campillo, Juan Santos-Echeandía, and Beatriz Fernández, "The Hydrological Regime of a Large Mediterranean River Influences the Availability of Pollutants to Mussels at the Adjacent Marine Coastal Area: Implications for Temporal and Spatial Trends," *Chemosphere* 237 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124492>.

berat pada kerang dara didaerah sungai burung kecamatan dente teladas kabupaten tulang bawang.

QS. Al-Maidah ayat 96

أُحِلَّ لَكُمْ صَيْدُ الْبَحْرِ وَطَعَامُهُ مَتَاعًا لَّكُمْ وَلِلسَّيَّارَةِ وَحُرِّمَ عَلَيْكُمْ
صَيْدُ الْبَرِّ مَا دُمْتُمْ حُرُمًا وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي إِلَيْهِ تُحْشَرُونَ

“ Dihalalkan bagimu binatang buruan laut dan makanan (yang berasal) dari laut sebagai makanan yang lezat bagimu, dan bagi orang-orang yang dalam perjalanan dan diharamkan atasmu (menangkap) binatang buruan darat, selama kamu dalam ihram. Dan bertakwalah kepada Allah Yang kepada-Nya-lah kamu akan dikumpulkan.”

Melalui ayat ini dijelaskan-Nya bahwa: dihalalkan bagi kamu berburu binatang buruan laut juga sungai dan danau atau tambak, dan makanannya yang berasal dari laut seperti ikan, udang, atau apapun yang hidup di sana dan tidak dapat hidup di darat walau telah mati dan mengapung, adalah makanan lezat bagi kamu, baik bagi yang bertempat tinggal tetap disatu tempat tertentu, dan juga bagi orang-orang yang dalam perjalanan, dan diharamkan atas kamu menangkap atau membunuh binatang buruan darat, selama kamu dalam keadaan berihram, dan atau berada ditanah haram walaupun berulang-ulang ihram itu kamu lakukan.

Peningkatan aktivitas manusia yang dilakukan tanpa pengendalian lingkungan yang tepat dapat menyebabkan terjadinya pencemaran logam berat pada sungai. Industrialisasi sebagai penyumbang limbah¹³, transportasi dan aktivitas manusia diduga sebagai penyebab meningkatnya pencemaran logam berat di perairan Indonesia. Studi di

¹³ Sri Yulina Wulandari et al., “Kandungan Logam Berat Hg Dan Cd Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (Anadara Granossa) Dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN),” *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences* 14, no. 3 (2012): 170-175–175, <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.14.3.170-175>.

kawasan perairan di beberapa negara, misalnya India, Cina, Malaysia dan Indonesia telah menunjukkan akumulasi logam berat di perairan dan sedimen akibat dari pencemaran lingkungan oleh manusia. Jadi, organisme yang hidup di wilayah pesisir dapat menumpuk zat tersebut di dalam tubuhnya. Akumulasi logam berat tersebut ditemukan lebih tinggi pada bivalvia laut atau moluska karena karakteristik penyaringannya, sehingga dapat berkonsentrasi dalam jumlah logam berat yang lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungannya. Sehingga bivalvia laut biasanya digunakan sebagai bioindikator untuk kontaminasi logam berat di lingkungan laut. Kerang lokan (*Polymesoda expansa*), Kerang mediterania (*Mytilus galloprovincialis*), dan kerang dara (*Anadara granosa*), merupakan contoh dari moluska laut yang dijadikan oleh berbagai penelitian sebagai bioindikator pencemaran¹⁴ logam berat di lingkungan laut¹⁵.

Q.S. Ar-rum ayat 41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). “

Sungai adalah saluran atau wadah air alami atau buatan yang berupa air jaringan drainase yang di dalamnya yaitu, hulu muara, dibatasi ke kanan dan kiri dengan garis batas. Selanjutnya sungai adalah aliran air di atas tanah yang mengalir ke laut, yang secara fisik

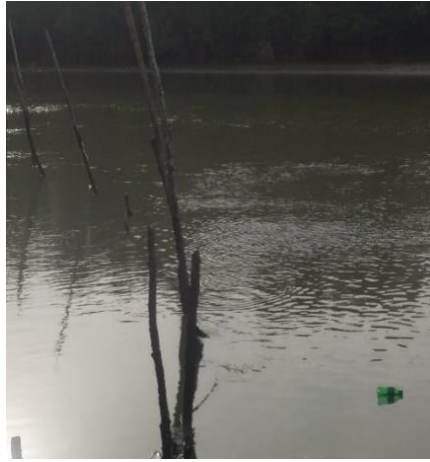
¹⁴ Sri Yulina Wulandari et al., “Kandungan Logam Berat Hg Dan Cd Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (Anadara Granossa) Dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN),” *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences* 14, no. 3 (2012): 170-175-175, <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.14.3.170-175>.

¹⁵ A Tresna Sastrawijaya, *Pencemaran Lingkungan* (Rineka Cipta, 1991).

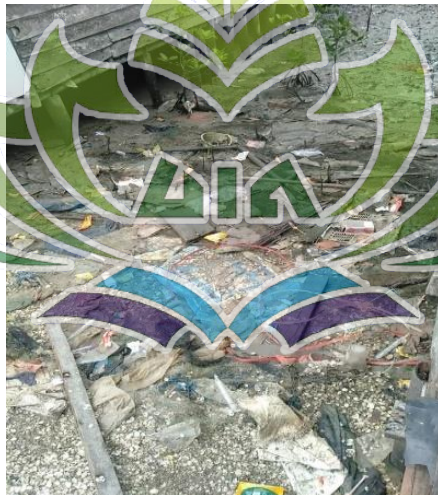
terbagi menjadi tiga bagian: hulu, tengah, dan hilir¹⁶. Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki keunggulan tersendiri. Wilayah perairan yang luas membuat negara ini dipenuhi kekayaan sumber daya alam laut yang melimpah. Mulai ikan, udang, kerang-kerangan dan masih banyak lagi. Salah satu perairan Indonesia adalah sungai burung kecamatan Dente Teladas Kabupaten Tulang Bawang, merupakan kampung yang secara geografis adalah kampung paling terdalam dan ujung Kabupaten Tulang Bawang.

Kampung Sungai Burung merupakan salah satu kampung yang berada di Kecamatan Dente Teladas Kabupaten Tulang Bawang. Pada mulanya sungai burung merupakan pecahan dari kampung Bratasena Mandiri meliputi suku 01,02,03, 04 dan 05. Daerah Sungai Burung merupakan daerah perairan (air asin) yang termasuk muara sungai, potensi sumberdaya perikanan berupa ikan, udang, kepiting bakau, rajungan, kerang-kerangan dan hasil laut lainnya sehingga mata pencarian masyarakat disungai burung rata-rata adalah nelayan. Namun saat ini sungai burung di kecamatan Dente Teladas tidak lagi seperti dulu, dengan keadaan sungai yang pasang surut dapat membawa sampah pencemaran lingkungan menyebar di setiap titik sungai, yang terjadi akhir-akhir ini telah mencemari sungai, seperti membuang sampah plastik sembarangan, limbah minyak bahan bakar transportasi dan oli. Tidak adanya tempat pembuangan sampah yang memadai, masyarakat sekitar membuang sampah sembarangan di sungai dengan berbagai jenis sampah seperti non organik dan organik.

¹⁶ Syafri Syafri et al., "Water Quality Pollution Control and Watershed Management Based on Community Participation in Maros City, South Sulawesi, Indonesia," *Sustainability (Switzerland)* 12, no. 24 (2020): 1–38, <https://doi.org/10.3390/su122410260>.



Gambar 1.1 keadaan sungai burung jauh dari permukiman
(Sumber dokumen pribadi)



Gambar 1.2 Keadaan sungai burung dekat permukiman
(Sumber dokumen pribadi)

Berdasarkan data ini peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul identifikasi kandungan logam berat pada kerang dara (*Anadara granosa*) di daerah sungai burung kecamatan dente teladas kabupaten tulang bawang.

C. Identifikasi Masalah Batasan Masalah

1. Identifikasi Masalah

- a. Kerang dara (*Anadara granosa*) sebagai akumulator logam berat yang berbahaya jika di konsumsi dalam waktu yang Panjang.
- b. Budidaya kerang dara (*Anadara granosa*) yang berada di dekat pemukiman berpotensi menyumbangkan logam berat yang berbeda.

2. Batasan masalah

Penelitian ini menggunakan 2 stasiun yang berbeda pada daerah sungai burung yaitu dekat dengan permukiman warga dan jauh dari permukiman warga, sampel yang diidentifikasi yaitu kerang dara (*Anadara granosa*).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, peneliti merumuskan masalah untuk penelitian ini adalah apa saja logam berat yang terkandung pada kerang dara (*Anadara granosa*) berdasarkan identifikasi kandungan logam berat didaerah sungai burung?

E. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan dan kegunaan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat apa yang terdapat pada kerang dara (*Anadara granosa*) berdasarkan identifikasi kandungan logam berat didaerah sungai burung.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Institusi UIN Raden Intan Lampung

Penelitian ini akan menjadikan UIN Raden Intan Lampung terkhusus Program Studi Pendidikan Biologi yang memiliki koleksi penelitian mengenai logam berat dan menjadikan

institusi berkontribusi dalam penelitian logam berat dan mengakat nama baik UIN Raden Intan Lampung dengan adanya penelitian logam berat.

2. Manfaat Bagi Pemangku Kebijakan

Penelitian ini bermanfaat untuk dinas perikanan dan dinas kelautan untuk meninjau keadaan budidaya kerang dara (*Anadara granosa*) dan memberikan solusi untuk pembuangan sampah dengan berbasis data penelitian logam berat.

3. Manfaat Bagi Pendidikan

Penelitian ini dapat memberi pengetahuan mengenai kerang dara, manfaat kerang dara dan memberi dampak positif bagi pendidikan bahwasannya menjaga lingkungan itu penting.

4. Manfaat Bagi Peneliti Selanjutnya

Manfaat penelitian untuk selanjutnya yaitu dapat mengembangkan penelitian logam berat yang lebih spesifik dengan mengetahui bertambah tidaknya kadar kandungan logam berat dengan membandingkan data penelitian yang terdahulu.

G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan

Dalam beberapa hasil penelitian dalam jurnal yang relevan tentang kandungan logam berat pada kerang dan tentang limbah logam berat. Adapun beberapa sumber penelitian yang relevan mengenai tentang kandungan logam berat kerang yaitu:

1. S. Khan, Q. Cao, Y.M. Zheng, Y.Z. Huang, Y.G. Zhu (2012)¹⁷ meneliti Akumulasi logam berat yang berlebihan di bidang pertanian tanah melalui irigasi air limbah, mungkin tidak hanya menghasilkan kontaminasi tanah, tetapi juga menyebabkan peningkatan serapan logam berat oleh tanaman,

¹⁷ M Alina et al., "Heavy Metals (Mercury, Arsenic, Cadmium, Plumbum) in Selected Marine Fish and Shellfish along the Straits of Malacca.," *International Food Research Journal* 19, no. 1 (2012).

dan dengan demikian mempengaruhi kualitas dan keamanan pangan.

2. Monisha Jaishankar, Tenzin Tseten, Naresh Anbalagan, Blessy B. Mathew, Krishnamurthy N.Beeregowda (2012)¹⁸ meneliti Logam adalah zat dengan konduktivitas listrik yang tinggi, kelenturan, dan kilau, yang secara sukarela kehilangan elektronnya untuk membentuk kation. Logam ditemukan secara alami di kerak bumi dan komposisinya berbeda-beda lokalitas, menghasilkan variasi spasial di sekitarnya konsentrasi. Distribusi logam di atmosfer dimonitor oleh sifat-sifat logam yang diberikan dan oleh berbagai faktor lingkungan.
3. Jeong-Hwa Kima, Hye-Mi Leea, Young-Ghan Choa, Jong-Seop Shina, Jae-Won Youb, Kwang-Sik Choia, Hyun-Ki Honga (2008)¹⁹ meneliti Moluska bivalvia laut banyak digunakan sebagai spesies penjaga di pemantauan ekologi pesisir karena karakteristiknya sebagaimana adanya fauna dimana-mana, mampu memberikan spektrum respon terhadap lingkungan stres, menjalani kehidupan menetap di habitat yang mungkin menjelaskan spasial dan perubahan temporal.
4. Esti Sudaria Ulfah, Boedi Setya Rahardja dan Kustiawan Tri Pursetyo (2019)²⁰ meneliti Perairan Bancaran merupakan salah satu kawasan pesisir yang berada di Kabupaten Bangkalan. Masalah lingkungan perairan yang dikhawatirkan terjadi pada Pantai Bancaran adalah pencemaran akibat logam berat terutama kadmium (Cd). Dengan kerang darah (*Anadara*

¹⁸ Paul B. Tchounwou et al., *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology Volume 3: Environmental Toxicology, Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, vol. 101, 2012, <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>.

¹⁹ S. Khan et al., "Health Risks of Heavy Metals in Contaminated Soils and Food Crops Irrigated with Wastewater in Beijing, China," *Environmental Pollution* 152, no. 3 (2008): 686–92, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.056>.

²⁰ Ulfah, Setya, and Tri, "Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pad a Berbagai Ukuran Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Di Perairan Pantai Bancaran Kabupaten Bangkalan , Madura Study of Heavy Metal Cadmium Content (Cd) In Various Sizes of Blood Shells (*Anadara Granosa*) In ." *journal of marine and coastal science vol 8.3* (2019).

granosa) yang merupakan salah satu komoditas yang banyak terdapat di perairan pantai Bancaran yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan sumber protein. Sifat kerang darah yang hidup di dasar perairan dengan mobilitas rendah bahkan menetap di dasar perairan, menyebabkan kerang darah dianggap sebagai mediator bahaya keracunan dari pencemaran air karena kemampuannya sebagai bioakumulator.

5. Filsa Era Sativa, Agil Al Idrus, Gito Hadiprayitno (2017)²¹ meneliti Logam berat lain yang juga berpotensi sebagai pencemar adalah mangan. Yang dimana mangan ini akan masuk dalam perairan sungai, larut didalam air dengan limbah tersebut bukan hanya mengendap di sedimen akan tetapi sebagian dari limbah akan masuk ke dalam jaringan tubuh biota yang ada di perairan sungai. Salah satu biota perairan yang dapat terkena dampak dari limbah yakni moluska dari kelas bivalvia.

Berdasarkan beberapa penelitian relevan yang telah dipaparkan bahwa lingkungan yang tercemar dari limbah masyarakat maupun dari limbah industri dapat menyebabkan tumbuhan maupun hewan, terutama bivalvia laut yang merupakan filter feeder dapat terakumulasi logam berat. Penelitian ini sebagai acuan untuk mengembangkan penelitian dengan melakukan identifikasi kandungan logam berat kerang dara (*Anadara granosa*) pada dua stasiun yang berbeda di daerah sungai burung, dente teladas kabupaten tulang bawang, untuk mengetahui logam berat apa yang ada di kerang dara dimana budidaya kerang dara itu sendiri di lingkungan yang tercemar dari sampah masyarakat.

H. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penelitian skripsi dengan judul “Identifikasi Kandungan Logam Berat pada Kerang Dara (*Anadara granosa*) adalah sebagai berikut:

²¹ Gito Hadiprayitno, Filsa Era Sativa, and Agil Al Idrus, “Kandungan Logam Berat (Hg Dan Mn) Pada Pilsbryoconcha Exilis Dan Sedimen Yang Terdapat Di Sungai Pelangan, Lombok Barat,” *Jurnal Biologi Tropis*, 2017, 273828.

1. Halaman Sampul

Bagian yang berisi judul skripsi, logo, nama instansi Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, dan tahun ajaran.

2. Daftar Isi

Bagian ini terdapat semua bagian yang ada di dalam skripsi yaitu halaman judul daftar gambar.

3. BAB I Pendahuluan

Bab yang berisi penegasan judul, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian penelitian terdahulu yang relevan, dan sistematika penulisan

4. BAB II Landasan teori dan pengajuan hipotesis

Bab ini berisi berisikan teori kerang dara, gambar kerang dara, klasifikasi kerang dara, tinjauan logam berat, dan mekanisme toksisitas.

5. BAB III Metode penelitian

Bab ini berisi waktu dan tempat penelitian, pendekatan dan jenis penelitian, populasi, sampel dan teknik pengumpulan data, cara kerja, definisi oprasional variable, instrument penelitiandan teknik analisis data.

6. Daftar Rujukan

BAB II

LANDASAN TEORI DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Teori Yang Digunakan

1. Tinjauan Kerang Dara (*Anadara Granosa*)

Kerang dara salah satu biota laut yang digunakan sebagai bioindikator tingkat pencemaran air laut. Sifat kerang yang menetap di suatu tempat karena pergerakan yang lambat, dan bersifat filter feeder non selective, yaitu menyaring air untuk mendapatkan makanan, menyebabkan kerang rentan terkena bahan polusi air, terutama logam berat yang bersifat akumulatif dalam tubuh kerang. Dalam pertumbuhannya, kerang dara dapat mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya jika hidup pada perairan yang terkontaminasi logam berat²².

Kerang dara tersebar luas di Indo-Barat Kawasan Pasifik, dari pantai timur Afrika Selatan ke utara dan timur hingga Asia Tenggara, Australia, Polinesia, dan Jepang Utara²³. Kerang dara dapat dikumpulkan dari habitat alami atau peternakan kerang dara pantai Thailand di Teluk Thailand, terutama di provinsi Chon Buri, Phetchaburi, Samut Prakan, Samut Sakhon, dan Samut Songkhram. Ini merupakan salah satu yang paling luas mengkonsumsi organisme akuatik komersial di Asia Tenggara²⁴. Logam berat yang terakumulasi didalam kerang dara dapat mengganggu kesehatan bagi manusia dan dapat menimbulkan efek pada orang yang mengonsumsi kerang.

²² Dheasy Herawati and Dosen Fakultas Ilmu Kesehatan, "Pengaruh Perendaman Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dengan Perasan Jeruk Nipis Terhadap Kadar Merkuri (Hg) Dan Kadmium (Cd)," *Jurnal Sainhealth Edisi Maret* 1, No. 1 (2017).

²³ Jeong Hwa Kim et al., "Corrigendum to 'Flow Cytometric Characterization of the Hemocytes of Blood Cockles *Anadara Broughtonii* (Schrenck, 1867), *Anadara Kagoshimensis* (Lischke, 1869), and *Tegillarca Granosa* (Linnaeus, 1758) as a Biomarker for Coastal Environmental Monitoring' [M]," *Marine Pollution Bulletin*, no. xxxx (2020): 111809, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111809>.

²⁴ D Pathansali, "Notes on the Biology of the Cockle, *Anadara Granosa* L.," *Proceedings of the Indo-Pacific Fisheries Council* 11, no. 2 (1966): 84–98.



Gambar 2.1 Kerang dara (Sumber Dokumen pribadi)

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Mollusca
Class	: Bivalvia
Ordo	: Arcioda
Family	: Arcidae
Genus	: Anadara
spesies	: <i>Anadara granosa</i>

Kerang dara (*Anadara granosa*) pada tahun 1758, adalah spesies yang populer bersifat filter feeder²⁵ dan tampaknya begitu berguna dalam memberikan indikasi beban polutan sedimen di lingkungan tropis²⁶. *Anadara granosa* secara lokal dikenal sebagai “kerang” atau “kerang dara”, dibudidayakan secara komersial di atas lumpur di zona intertidal dengan salinitas air sekitar 10–32 psu di sepanjang pantai barat Malaysia (Penang, Perak, dan Selangor),

²⁵ R A Filipus, A I S Purwiyanto, and F Agustriani, “Bioakumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kerang Darah (Anadara Granosa) Di Perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan,” *Maspari Journal* 10, no. 2 (2018): 131–40.

²⁶ Wulandari et al., “Kandungan Logam Berat Hg Dan Cd Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (Anadara Granosa) Dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN).”

Thailand selatan (Teluk Bandon) dan Teluk Thailand barat (provinsi Phetburi). *Anadara granosa* di produksi dari Agustus hingga Februari dan mulai matang secara seksual pada usia 1 hingga 2 tahun. Satu betina dapat menghasilkan 518.400 sampai 2.313.200 telur²⁷.

Ketertarikan penelitian ini menggunakan *Anadara granosa* sebagai spesies bioindikator karena mampu mengetahui konsentrasi tinggi dari beberapa logam di jaringannya, terutama Cd (sampai 6,84 mg kg⁻¹ wet wt) dan Zn (sampai 189 mg kg⁻¹ berat basah)²⁸. Selain itu bisa bertahan dan mudah menyesuaikan diri dengan kondisi alam percobaan.

Moluska bivalvia laut banyak digunakan untuk spesies penjaga di pemantauan pesisir, mampu memberikan respon terhadap lingkungan yang tercemar, menjalani kehidupan menetap di habitat yang mungkin menjelaskan spasial dan perubahan temporal²⁹. Tekanan langsung dan tidak langsung yang disebabkan oleh gangguan lingkungan dan infeksi patogen pada organisme mulai dari tingkat sel dan mengalir ke organisme individu dan tingkat populasi dengan mengubah tingkat metabolisme, kelangsungan hidup dan ciri-ciri sejarah kehidupan lainnya³⁰. Pada bivalvia laut, hemosit merupakan sel beredar bebas dan terlibat dalam berbagai respons fisiologis terhadap tekanan dalam lingkungan, racun, dan penyakit. Respon fungsional dari hemosit sering digunakan sebagai proksi fisiologis status bivalvia karena kualitas habitat di

²⁷ C. Nasci et al., "Clam Transplantation and Stress-Related Biomarkers as Useful Tools for Assessing Water Quality in Coastal Environments," *Marine Pollution Bulletin* 39, no. 1–12 (1999): 255–60, [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00094-6).

²⁸ T H Phuc, "Biological Characters and Technique of Oyster *Anadara Granosa* Culture at Tra Vinh Coastal Water," *Fish Rev* 6 (1997).

²⁹ S L Tong et al., "Asean Marine Water Quality Criteria for Oil and Grease," *ASEAN-Canada CPMS-II AMWQC for Oil and Grease Cooperative Programme on Marine Science*, no. March (1999): 1–28, http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round8/perfuracao_R8/Bibliografia/oil_grease_criteria.pdf.

³⁰ Marine Breitwieser et al., "Short-Term and Long-Term Biological Effects of Chronic Chemical Contamination on Natural Populations of a Marine Bivalve," *PLoS ONE* 11, no. 3 (2016): 1–24, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150184>.

lingkungannya³¹. Sejumlah penelitian telah melaporkan modifikasi hemosit yang berfungsi dalam kondisi stres. Misalnya suhu ekstrim dan salinitas menyebabkan perubahan fungsi kekebalan hemosit di kerang laut. Bivalvia yang terkena logam berat tingkat tinggi antara lain merkuri, seng, kadmium, dan tembaga dapat menunjukkan penurunan kapasitas fagositosis hemosit. Bivalvia laut terpapar polutan organik persisten (POPs) termasuk xenobiotic, bifenil poliklorinasi (senyawa klorin), tributyltin (senyawa organotin)³², dan polycyclic aromatic hidrokarbon menyebabkan efek sub-mematikan pada hemosit sistem imun.

Kerang dara dianggap sebagai spesies penjaga yang baik dalam memantau pencemaran pantai dan kesehatan ekosistem karena tersebar luas di bawah permukaan lumpur intertidal. Untuk memahami respon pada kerang dara, karakterisasi tipe hemosit dan fungsi imunologi menjadi sangat penting. Salah satu ciri khas kerang dara adalah adanya sel darah merah di hemolimf selain sel darah merah, sel darah putih ditemukan di bivalvia laut pada umumnya, meskipun jenis dan fungsi hemosit kerang dara masih belum jelas³³. Peran utama yang terkait dengan fungsi eritrosit adalah pertukaran gas pernapasan, namun peran lainnya adalah interaksi dengan sistem kekebalan telah dikaitkan dengan sel-sel³⁴.

³¹ Ludovic Donaghy et al., "Hemocytes of the Carpet Shell Clam (*Ruditapes Decussatus*) and the Manila Clam (*Ruditapes Philippinarum*): Current Knowledge and Future Prospects," *Aquaculture* 297, no. 1–4 (2009): 10–24, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.003>, T. Renault, "Immunotoxicological Effects of Environmental Contaminants on Marine Bivalves," *Fish and Shellfish Immunology* 46, no. 1 (2015): 88–93, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.04.011> T. Renault, "Immunotoxicological Effects of Environmental Contaminants on Marine Bivalves," *Fish and Shellfish Immunology* 46, no. 1 (2015): 88–93, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.04.011>

³² Jing Liu et al., "Immune Responses, ROS Generation and the Haemocyte Damage of Scallop *Chlamys farreri* Exposed to Aroclor 1254," *Fish and Shellfish Immunology* 26, no. 3 (2009): 422–28, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.01.002>.

³³ Seyedeh Belin Tavakoly Sany et al., "Human Health Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Consumption of Blood Cockle and Exposure to Contaminated Sediments and Water along the Klang Strait, Malaysia," *Marine Pollution Bulletin* 84, no. 1–2 (2014): 268–79, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.004>.

³⁴ Yongbo Bao, Qing Wang, and Zhuhua Lin, "Hemoglobin of the Bloody Clam *Tegillarca Granosa* (Tg-HbI) Is Involved in the Immune Response against

Sebagai contoh, represi mRNA hemoglobin dalam hemosit *Tegillarca granosa* diatur signifikan terhadap infeksi dan paparan bakteri terhadap faktor patogen bakteri mengamati peningkatan jumlah eritrosit yang bersirkulasi lebih dari dua kali lipat.

Terlepas dari pentingnya sistem ekologi kerang dara, secara komparatif beberapa penelitian telah dilakukan tentang jenis dan fungsi hemosit. Berdasarkan ciri morfologi sel dari mikroskop, tiga jenis sel utama termasuk eritrosit, granulosit, dan hyalinosit telah dijelaskan dalam *Anadara ovalis*, *Anadara kagoshimensis*³⁵ dan *T. granosa*. Menurut penelitian ini, granulosit dicirikan oleh pseudopodia yang panjang dengan butiran yang terlihat di sitoplasma, sedangkan hyalinosit agak bulat tanpa ciri khas pseudopodia atau butiran. Pada spesies *Anadara*, keberadaan granulosit tidak selalu dikonfirmasi. Granulosit tidak dapat membedakan hemosit pada *Anadara Broughtonii* (spesies kerang ark clam)³⁶, *Anadara Inaequivalvis* (kerang putih)³⁷, *Anadara Trapezia* (kerang sydney) dan *Anadara Kagoshimensis* (kerang bahtera). Selain eritrosit, leukosit juga ditemukan, disebut sebagai amoebocyte atau sel darah putih.

Pengamatan mikroskopis dapat menyebabkan banyak inkonsistensi dan salah tafsir, sebagian karena subjektivitas analisis visual. Untuk memahami jenis hemosit dan jenis keterlibatan dalam respons seluler, perlu ditentukan aktivitas fungsional. Untuk alasan ini, flow cytometry (metode pengukuran) telah berhasil diterapkan dalam karakterisasi hemosit berdasarkan morfologi dan

Bacterial Infection,” *Fish and Shellfish Immunology* 31, no. 4 (2011): 517–23, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.05.029>.

³⁵ E. S. Kladchenko et al., “Morphologic, Cytometric and Functional Characterisation of *Anadara Kagoshimensis* Hemocytes,” *Fish and Shellfish Immunology* 98, no. December (2020): 1030–32, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.061>.

³⁶ Wenhao Su et al., “Benzo[a]pyrene Exposure under Future Ocean Acidification Scenarios Weakens the Immune Responses of Blood Clam, *Tegillarca Granosa*,” *Fish and Shellfish Immunology* 63, no. October (2017): 465–70, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.02.046>.

³⁷ Liqing Zhou et al., “Changes in Hemolymph Characteristics of Ark Shell *Scapharca Broughtonii* Dealt with *Vibrio Anguillarum* Challenge in Vivo and Various of Anticoagulants in Vitro,” *Fish and Shellfish Immunology* 61 (2017): 9–15, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.11.031>.

fungsinya pada moluska laut³⁸. Sampai saat ini, hanya ada dua penelitian yang menerapkan sitometri aliran yang mencirikan populasi hemosit kerang dara dan *Anadara kagshimensis*³⁹. Namun, penelitian ini hanya mampu menjelaskan dua populasi hemosit tanpa karakterisasi fungsional.

Kerang dara merupakan salah satu yang paling penting. Moluska laut ini sebagai sumber makanan di Indonesia. Ini dapat digunakan sebagai protein alternative karena mengandung 9,64% protein dan beberapa mineral seperti seng, besi, tembaga dan kalsium. Di Indonesia, kerang dara bisa dipanen baik dari sumber alam atau dari budidaya. Habitat kerang dara yaitu sedimen dasar berlumpur lunak di perairan dangkal dan habitat ini sering mengalami pencemaran lingkungan seperti logam berat yang diakibatkan oleh manusia. Moluska terkenal mengakumulasi logam di jaringan lunaknya⁴⁰.

2. Budidaya Kerang Dara (*Anadara granosa*)

Daerah sungai burung merupakan sungai yang memiliki berbagai macam sungai dengan jarak yang berbeda-beda. Sungai yang digunakan untuk budidaya masyarakat memiliki panjang sungai yaitu 7km yang merupakan sungai yang di huni oleh masyarakat. Bibit kerang dara yang diperoleh dari pengepul disebar ke sungai yang telah dipagari menggunakan waring dengan maksimal 8 ton kerang dara. Untuk perawatan kerang sendiri tidak pasti, yaitu dengan setiap minggu atau satu bulan dilakukan dua kali pengecekan tempat budidaya yang bertujuan untuk mengetahui presentasi kematian kerang dara yang dibudidaya. Dengan memperhatikan kerang dara yang hidup mengelompok atau tidak, dengan keadaan kerang dara yang

³⁸ Ludovic Donaghy et al., "Flow Cytometric Characterization of Hemocytes of the Solitary Ascidian, *Halocynthia roretzi*," *Fish and Shellfish Immunology* 66 (2017): 289–99, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.009>.

³⁹ ZeWen Zhu et al., "Morphological, Structural Characteristics and Phagocytic and Enzymatic Activities of Haemocytes in Blood Clam *Tegillarca granosa*," *Journal of Fisheries of China* 35, no. 10 (2011): 1494–1504.

⁴⁰ Defri Yona, Andira Andira, and Syarifah Hikmah Julinda Sari, "Lead (Pb) Accumulation in Water, Sediment and Mussels (*Hiatula chinensis*) from Pasir Panjang Coast, Lekok-Pasuruan," *Research Journal of Life Science* 3, no. 1 (2016): 49–54.

mengelompok ini mempengaruhi tingkat kematian kerang dara. Dengan waktu panen kerang berusia minimal 4 bulan dan maksimal 8 bulan dengan berat kerang dara jika umur 4 bulan 120 ekor perkilogram dan 8 bulan 80 ekor perkilogram.

3. Tinjauan Logam Berat

a. Definisi dan Toksisitas Logam Berat

Logam merupakan zat dengan konduktivitas listrik yang tinggi, kelenturan, dan kilau, yang secara sukarela kehilangan elektronnya untuk membentuk suatu kation. Logam ditemukan secara alami di kerak bumi dengan komposisi yang berbeda-beda lokalitas, menghasilkan variasi spasial di sekitar konsentrasi. Distribusi logam di atmosfer dimonitor oleh sifat-sifat logam yang diberikan berbagai faktor lingkungan⁴¹.

b. Toksisitas Logam Berat

Logam berat umumnya disebut sebagai logam yang memiliki kepadatan spesifik lebih dari 5 g / cm³ dan sebaliknya dapat mempengaruhi lingkungan dan organisme yang hidup⁴². Logam-logam ini sangat penting untuk mempertahankan berbagai fungsi biokimia dan fisiologis organisme hidup ketika dalam konsentrasi yang sangat rendah, bagaimanapun dapat berbahaya bila melebihi konsentrasi ambang tertentu. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tahun 2009 dan Standar Nasional Indonesia (SNI:7387) tahun 2009 batas ambang logam berat pada makanan maksimum timbal 0,25 mg/kg, kadmium 0,2 mg/kg dan chromium 2,5 mg/kg⁴³. Meskipun diakui bahwa

⁴¹ Ria Azizah Tri Nuraini, Hadi Endrawati, and Ivan Riza Maulana, m“Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (Perna Viridis) Di Perairan Trimulyo Semarang,” *Jurnal Kelautan Tropis* 20, no. 1 (2017): 48, <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1104>.

⁴² Rim Khelifi and Amel Hamza-Chaffai, “Head and Neck Cancer due to Heavy Metal Exposure via Tobacco Smoking and Professional Exposure: A Review,” *Toxicology and Applied Pharmacology* 248, no. 2 (2010): 71–88, <https://doi.org/10.1016/j.taap.2010.08.003>.

⁴³ Moh. Taufiq, Kiptiyah Kiptiyah, and Roihatul Muti’ah, “Pengembangan Dan Validasi Prosedur Pengukuran Logam Timbal (Pb) Dalam Makanan Pendamping Air Susu Ibu Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom,” *ALCHEMY Jurnal*

logam berat memiliki banyak efek kesehatan yang merugikan yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama namun paparan logam berat terus berlanjut dan meningkat di berbagai belahan dunia.

Logam berat merupakan polutan lingkungan dan toksitnya merupakan masalah dari peningkatan signifikansi untuk ekologi, evolusi, alasan nutrisi dan lingkungan. Paling sering yang ditemukan logam berat dalam air limbah yaitu kadmium, kromium, tembaga, timbal, nikel, dan seng, semuanya menyebabkan risiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan⁴⁴. Logam berat memasuki lingkungan dengan cara alami dan melalui aktivitas manusia. Berbagai sumber logam berat termasuk erosi tanah, pelapukan alami kerak bumi, pertambangan, limbah industri, pembuangan limbah, agen pengendali serangga atau penyakit diterapkan pada tanaman, dan banyak lainnya.

Meskipun logam ini memiliki fungsi biologis yang penting pada tumbuhan dan hewan, terkadang bahan kimianya yang dihasilkan memiliki sifat koordinasi dan oksidasi-reduksi yang memberi mereka keuntungan tambahan sehingga mereka bisa mengontrol mekanisme seperti homeostasis, transportasi, kompartementalisasi dan pengikatan ke sel yang dibutuhkan konstituen. Logam-logam akan berikatan dengan protein yang tidak dibuat untuk mereka dengan mengganti logam asli dari pengikatan alami mereka yang menyebabkan kerusakan sel dan akhirnya toksisitas. Penelitian sebelumnya telah menemukan kerusakan oksidatif makromolekul biologis terutama pengikatan logam berat ke DNA dan protein nuklir⁴⁵.

Penelitian Kimia 16, no. 1 (2020): 25,
<https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.35190.25-37>.

⁴⁴ Monisha Jaishankar et al., "Biosorption of Few Heavy Metal Ions Using Agricultural Wastes," *Journal of Environment Pollution and Human Health* 2, no. 1 (2014): 1–6, <https://doi.org/10.12691/jephh-2-1-1>.

⁴⁵ T. Tiba et al., "Regularities and Irregularities in the Structure of the Semiferous Epithelium in the Domestic Fowl (*Gallus Domesticus*)," *Anatomia, Histologia, Embryologia* 22, no. 3 (1993): 254–63, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.1993.tb00363.x>.

c.Mekanisme Toksisitas

1) Timbal

Timbal salah satu logam yang sangat beracun dengan penggunaannya telah meluas, menyebabkan kontaminasi lingkungan yang luas dan masalah kesehatan di banyak belahan dunia. Timbal merupakan logam keperakan cerah, agak kebiruan dalam keadaan kering. Akan menodai saat kontak dengan udara, dengan ini maka terbentuklah campuran senyawa yang kompleks, tergantung pada kondisi yang dialami⁴⁶. Sumber paparan timbal terutama meliputi proses industri makanan dan rokok, air minum dan sumber domestik. Sumber timbal yaitu bensin dan cat rumah, yang telah diperpanjang menjadi peluru timah, pipa ledeng, teko timah, baterai penyimpanan, mainan dan faucet⁴⁷. Di Amerika Serikat, lebih dari 100 hingga 200.000 ton timah per tahun yang dilepaskan dari knalpot kendaraan. Beberapa timah akan diambil oleh tanaman, difiksasi ke tanah dan mengalir ke badan air, oleh karena itu manusia yang terkena paparan timbal pada populasi umum karena mengkonsumsi makanan atau air minum yang terkontaminasi oleh timah. Timbal merupakan sebuah logam berat non esensial yang sangat beracun yang dapat mengganggu berbagai tanaman untuk melakukan proses fisiologis, tidak seperti logam lain, seperti seng, tembaga, dan mangan, tidak memainkan fungsi biologis apa pun. Tanaman dengan konsentrasi timbal tinggi akan mempercepat produksi spesies oksigen reaktif (ROS), yang menyebabkan kerusakan membran lipid yang pada akhirnya berujung kerusakan klorofil dan proses fotosintesis dan mampu menekan pertumbuhan tanaman secara

⁴⁶ Nrashant Singh, Deepak Kumar, and Anand P. Sahu, "Arsenic in the Environment: Effects on Human Health and Possible Prevention," *Journal of Environmental Biology* 28, no. 2 SUPPL. (2007): 359–65.

⁴⁷ Solange Romeiro et al., "Bjpp 18(4) Modulo 6," *Braz. J. Plant Physiol* 18, no. 4 (2006): 483–89.

keseluruhan⁴⁸. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa timbal itu mampu menghambat pertumbuhan tanaman teh dengan mengurangi biomassa dan menurunkan kualitas teh dengan mengubah kualitas komponen dari teh itu sendiri⁴⁹. Bahkan saat konsentrasi rendah sekalipun, pengobatan timbal ditemukan dapat menyebabkan ketidak stabilan dalam pengambilan ion oleh tanaman, yang pada gilirannya dapat menyebabkan perubahan metabolisme yang signifikan dalam kapasitas fotosintesis dan pada akhirnya menghambat pertumbuhan tanaman yang kuat⁵⁰.

2) Kadmium

Kadmium suatu logam berat paling beracun ketujuh Peringkat ATSDR. Ini adalah produk sampingan dari produksi seng yang mungkin terpapar adalah manusia atau hewan di tempat kerja atau di lingkungan. Setelah logam ini terserap oleh manusia, akan terakumulasi di dalam tubuh sepanjang hidup. Kadmium yang berlebih di perairan akan mengakibatkan konsentrasi logam berat Cd di perairan meningkat⁵¹. Logam ini pertama kali digunakan dalam Perang Dunia I sebagai pengganti timah dan industri cat sebagai pigmen.

Kadmium didistribusikan di lingkungan akan tetap berada di tanah dan sedimen selama beberapa dekade. Tanaman ini akan secara bertahap mengambil logam-logam yang terkumpul di dalamnya dan terkonsentrasi di sepanjang

⁴⁸ Nur Asmi Kama, "Efektivitas Bubur Rumput Laut Sebagai Reduktor Logam Timbal Pada Kerang Hijau," *Jurnal ABDI (Sosial, Budaya Dan Sains)* 2, no. 1 (2020).

⁴⁹ Ullah Najeeb et al., "Enhancing the Lead Phytostabilization in Wetland Plant *Juncus Effusus* L. through Somaclonal Manipulation and EDTA Enrichment," *Arabian Journal of Chemistry* 10, no. 2014 (2017): S3310–17, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.01.009>.

⁵⁰ Yongsheng Wu, Qihui Liang, and Qian Tang, "Effect of Pb on Growth, Accumulation and Quality Component of Tea Plant," *Procedia Engineering* 18 (2011): 214–19, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.034>.

⁵¹ Bambang Yulianto et al., "Kemampuan Biosorpsi Dan Pertumbuhan Rumput Laut *Gracilaria* Sp. Pada Media Mengandung Logam Berat Kadmium (Cd)," *Jurnal Kelautan Tropis* 21, no. 2 (2018): 129, <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i2.3849>.

rantai makanan, akhirnya akan sampai pada tubuh manusia. Di AS, lebih dari 500.000 pekerja terpapar kadmium beracun setiap tahun sesuai dengan The Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Penelitian telah menunjukkan bahwa di Cina degan jumlah wilayah yang tercemar kadmium lebih dari 11.000 hektar dan jumlah limbah industri cadmium tahunan dibuang ke lingkungan masyarakat mencapai lebih dari 680 ton. Di Jepang dan Cina, paparan kadmium lingkungan relatif lebih tinggi dari pada di tempat negara lain. Kadmium sebagian besar ditemukan pada buah-buahan dan sayuran karena tingginya tingkat perpindahan tanah ke tanaman. Kadmium sangat tinggi toksik non-esensial logam berat yang terkenal pengaruhnya yang dapat merugikan pada sistem sel enzimatik, stres oksidatif dan untuk menginduksi defisiensi nutrisi tanaman⁵².

3) Chromium

Kromium unsur yang paling melimpah ketujuh di bumi. Chromium terjadi di beberapa bilangan oksidasi di lingkungan mulai dari Cr^{2+} sampai Cr^{6+} yang paling umum bentuk Cr yang terjadi adalah trivalen- Cr^{3+} dan hexavalent Cr^{6+} , dengan kedua keadaan tersebut sangat beracun bagi hewan, manusia dan tumbuhan⁵³. Chromium terjadi secara alami dengan pembakaran minyak dan batu bara, minyak bumi dari bahan api ferro cromate, oksidan pigmen, katalis, baja kromium, pupuk, pengeboran minyak sumur dan penyamakan lapisan logam. Secara antropogenik, kromium akan dilepaskan ke lingkungan melalui limbah dan

⁵² Soisungwan Satarug et al., "Cadmium, Environmental Exposure, and Health Outcomes," *Environmental Health Perspectives* 118, no. 2 (2010): 182–90, <https://doi.org/10.1289/ehp.0901234>.

⁵³ Monalisa Mohanty and Hemanta Kumar Patra, "Effect of Ionic and Chelate Assisted Hexavalent Chromium on Mung Bean Seedlings (*Vigna Radiata* L. Wilczek. Var K-851) During Seedling Growth," *Effect of Ionic and Chelate Assisted Hexavalent Chromium on Mung Bean Seedlings (Vigna Radiata L. Wilczek. Var K-851) During Seedling Growth* 9, no. 2 (2013): 232–39.

pupuk⁵⁴. Cr (III) tidak bisa bergerak dalam bentuk tereduksi dan tidak larut dalam air⁵⁵ sedangkan Cr (VI) dioksidasi sangat larut dalam air⁵⁶ dan tentunya dapat merusak satu tatanan ekosistem perairan⁵⁷. Untuk menentukan kegiatan ion logam di lingkungan, spesiasi logam sangat penting dimana dalam kasus kromium bentuk oksidatif Cr (III) bukan merupakan kontaminan esensial bagi tanah dan air tetapi Cr (VI) telah ditemukan menjadi racun bagi manusia⁵⁸. Cr (III) berada di materi organik tanah dan lingkungan perairan berupa oksida, hidroksida dan sulfat. Logam kromium murni belum pernah ditemukan, tetapi biasanya sudah dalam bentuk senyawa padat atau mineral dengan unsur lain.

Chromium banyak digunakan di industri seperti metalurgi, elektroplating, produksi cat dan pigmen, penyamakan, pengawetan kayu, produksi kimia dan produksi pulp dan kertas. Industri ini memainkan peran utama dalam pencemaran kromium dengan efek samping yang sangat besar pada spesies biologi dan ekologi. Berbagai praktik industri dan pertanian meningkatkan tingkat racun di lingkungan menyebabkan kekhawatiran tentang polusi yang disebabkan oleh kromium. Pencemaran lingkungan yang

⁵⁴ Mamta Gautam, Anil Kumar Singh, and Rajiv Mohan Johri, "Effect of Chromium Toxicity on Growth, Chlorophyll and Some Macronutrients of Solanum Lycopersicum and Solanum Melongena," *Indian Journal of Agricultural Sciences* 84, no. 9 (2014): 1115–23.

⁵⁵ Tri Muji Susantoro, Djoko Sunarjanto, and Ariani Andayani, "Distribusi Logam Berat Pada Sedimen Di Perairan Muara Dan Laut Propinsi Jambi," *Kelautan Nasional* 10, no. 1 (2015): 1–11.

⁵⁶ Agnieszka Wolińska, Zofia Stepniewska, and Rafał Włosek, "The Influence of Old Leather Tannery District on Chromium Contamination of Soils, Water and Plants," *Natural Science* 5, no. 2 (2013): 253–58, <https://doi.org/10.4236/ns.2013.52a037>.

⁵⁷ Mohammad Mahmudi et al., "An Alternative Activated Carbon from Agricultural Waste on Chromium Removal," *Journal of Ecological Engineering* 21, no. 8 (2020): 1–9, <https://doi.org/10.12911/22998993/127431>.

⁵⁸ Ramazan Gürkan, Halil İbrahim Ulusoy, and Mehmet Akçay, "Simultaneous Determination of Dissolved Inorganic Chromium Species in Wastewater/natural Waters by Surfactant Sensitized Catalytic Kinetic Spectrophotometry," *Arabian Journal of Chemistry* 10 (2017): S450–60, <https://doi.org/10.1016/j.arabj.2012.10.005>.

disebabkan oleh kromium, terutama kromium heksavalen telah menjadi perhatian terbesar dalam beberapa tahun terakhir. Pencemaran ini mengeluarkan banyak polusi logam berat dan senyawa ke dalam aliran air. Karena adanya kelebihan oksigen di lingkungan, Cr (III) dioksidasi menjadi Cr (VI), yang mana sangat beracun dan larut dalam air. Di Tokyo, pada Agustus 1975, air bawah tanah yang mengandung massa sisa Cr (VI) memiliki 2.000 kali lipat batas yang lebih tinggi dari batas kromium yang diizinkan.

Mekanisme organisasi ultrastruktur, perubahan yang dialami biokimia dan regulasi metabolik belum diklarifikasi sejak proses fitotoksisitas di lingkungan akuatik oleh kromium belum terkonsentrasi secara detail. Pembuangan limbah industri dan kontaminasi air tanah meningkatkan konsentrasi kromium dalam tanah secara drastis⁵⁹. Selama pembuatan kromat, deposit residu Cr dan irigasi air limbah menimbulkan masalah serius. Polusi Cr ke lahan pertanian, dengan implementasi pertanian modern dengan adanya pelepasan Cr terus menerus ke lingkungan melalui residu Cr, debu Cr dan Cr irigasi air limbah, dapat mengakibatkan pencemaran tanah yang mempengaruhi sistem tanah sayuran dan kualitasnya menurun bagi manusia⁶⁰. Toksisitas kromium sangat mempengaruhi proses biologis di berbagai tanaman seperti jagung, gandum, kembang kol, citrullus dan sayuran. Chromium toksisitas menyebabkan klorosis dan nekrosis pada tanaman. Enzim seperti katalase, peroksidase dan sitokrom oksidase dengan besi sebagai komponennya dipengaruhi oleh toksisitas kromium. Aktivitas katalase ini dirangsang dengan kelebihan pasokan toksisitas penginduksi kromium yang telah dipelajari sehubungan dengan fotosintesis, reduktase nitrat aktivitas, kandungan protein

⁵⁹ A. Bielicka, I. Bojanowska, and A. Wiśniewski, "Two Faces of Chromium - Pollutant and Bioelement," *Polish Journal of Environmental Studies* 14, no. 1 (2005): 5–10.

⁶⁰ N. Duan et al., "Effect of Anaerobic Fermentation Residues on a Chromium-Contaminated Soil-Vegetable System," *Procedia Environmental Sciences* 2, no. 5 (2010): 1585–97, <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.170>.

dalam alga dan fotosintesis pigmen. Chromium (III) membutuhkan proses difusi sederhana untuk masuk ke dalam sel dan tidak tergantung pada pembawa membran tertentu. Berlawanan dengan Cr (III), Cr (IV) dapat dengan mudah melewati membran sel.

4. Bioindikator

Kekhawatiran dengan penurunan kualitas sumber daya air dan keamanan perairan ekosistem meningkat karena jumlah besar dan keanekaragaman polutan yang dibuang setiap hari. Pembuangan yang tidak memadai ini dapat berdampak negatif baik dengan meningkatkan jumlah padatan, kekeruhan dan masuknya racun ke dalam air serta membahayakan stabilitas kehidupan akuatik. Beberapa kontaminan produk limbah rumah tangga yang masuk perairan menyebabkan eutrofikasi danau, pertumbuhan alga dan peningkatan organisme racun yang mempengaruhi organisme lain dan mengakibatkan ketidakseimbangan ekologi, terutama di zona litoral daerah. Dengan adanya bioindikator yang hidup sebagai organisme atau komunitas⁶¹ yang berfungsi untuk pemantauan kualitas air dan kualitas keanekaragaman hayati. Makroinvertebrata adalah salah satu indikator biologis yang biasa digunakan untuk mengevaluasi polutan spesifik di lingkungan akuatik. Penggunaan makroinvertebrata akuatik untuk penilaian ekologi akuatik memberikan penjelasan yang singkat, pendekatan mudah dan lebih murah dibandingkan dengan yang metode lain⁶².

⁶¹ Efri Roziaty, "Review: Kajian Lichen: Morfologi, Habitat Dan Bioindikator Kualitas Udara Akibat Polusi Kendaraan Bermotor," *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi* 2, no. 1 (2016): 54, <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i1.1632>.

⁶² Jesiel Cris Chatto Paylangco et al., "Assessment of Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality in the Littoral Zone of Lake Mainit, Philippines," *Asian Journal of Biological and Life Sciences* 9, no. 3 (2021): 371–78, <https://doi.org/10.5530/ajbls.2020.9.56>.

5. Cara Kerja Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) merupakan metode analisis yang berdasarkan penyerapan energi yang dilakukan oleh atom yang ditingkat energi dasar. Spektrofotometri serapan atom juga metode kuantitatif dengan unsur yang sangat luas karena prosedur selektif, spesifik, biaya analisa lebih murah, dan sensitive tinggi (ppm-ppb). Teknik ini menjadi canggih karena pengukuran yang sebelumnya tidak memerlukan pemisahan unsur tertentu, karena penentuan unsur yang lebih dari satu dapat dilakukan asal katoda berrongga tersedia. Sumber cahaya dari alat AAS yaitu lampu katoda yang berasal dari unsur yang di ukur lalu di lewatkan ke dalam nyala api yang terdapat sampel yang terkontaminasi, radiasi yang di hasilkan di teruskan ke detektor melalui monokrom. Chopper digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari nyala api⁶³.

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang sudah di serap dan unsur yang dalam larutan merupakan dasar dari penkaian AAS, yang di gunakan untuk analisis unsur logam. Untuk membentuk uap atom yang netral dalam keadaan tingkat dasar yang menyerap radiasi membutuhkan energi, energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakan gas asetilen udara atau asetilen N_2O , tergantung suhu yang di butuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom bebas di tingkat dasar⁶⁴.

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya atom, atom ini yang menyerap panjang gelombang tertentu yang berdasarkan sifat unurnya. Penyerapan tersebut dapat menyebabkan tereksitasinya eektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi. Pengurangan intensits

⁶³ La Ifa et al., “Pemanfaatan Cangkang Kerang Dan Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Cu, Pb Dan Zn Pada Limbah Industri Pertambangan Emas,” *Journal Of Chemical Process Engineering* 3, no. 1 (2018): 33–37.

⁶⁴ J Basset and A Hadyana PUDJAATMAKA, “Vogel: Buku Ajar Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik,” 1994.

radiasi yang diberikan sebanding dengan atom pada tingkat tenaga dasar yang menyerap radiasi tersebut⁶⁵.

Cara kerja alat ini berdasarkan penguapan sampel, selanjutnya logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut akan mengabsorbsi radiasi yang dihasilkan oleh cahaya yang dipancarkan oleh lampu katoda yang mengandung unsur yang telah ditentukan, setelahnya diukur pada gelombang tertentu menurut jenis logamnya⁶⁶.

Apabila cahaya panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom bebas yang bersangkutan maka cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom yang bebas logam yang berada didalam sel. Hubungan antar absorpsi dan konsentrasi diturunkan dari

1. Hukum Lambert bila sumber sinar monokrotik melewati medium, maka sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorbsi.
2. Hukum Beer intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentarsi spesi yang menyerap sinar tersebut⁶⁷.

$$A = \Sigma . b . C \text{ atau } A = a . b . C$$

Dimana:

- | | |
|----------|-------------------------------|
| A | = Absorpsi |
| Σ | = Absorptivitas molar (mol/L) |
| a | = Absorptivitas (gr/L) |
| b | = Tebal nyala (nm) |

⁶⁵ Ferri Anggarwati, "Penentuan Kadar Pb (Timbal) Dalam Rambut Pekerja Spbu Di Kabupaten Karanganyar Berdasarkan Lokasi Dan Masa Kerjanya Secara Spektrofotometri Serapan Atom" (Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2007).

⁶⁶ Darmono, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup* (Penerbit Universitas Indonesia, 1995).

⁶⁷ R A Day and A L Underwood, "Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam," Jakarta: Erlangga, 2002.

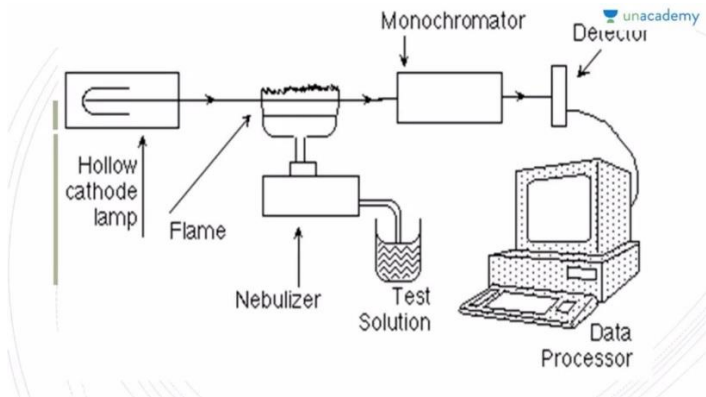
C = Konsentrasi (ppm)

Sumber cahaya dalam alat AAS merupakan lampu katoda berongga (hollow cathode lamp). Lampu yang terdiri dari katoda dan anoda yang terletak dalam suatu silinder gelas berongga yang terbuat dari kwarsa. Katoda ini terbuat dari logam yang dianalisis. Silinder gelas berisi gas lembam pada tekanan rendah, ketika diberikan potensi listrik maka muatan positif ion akan menumbuk katoda sehingga terjadi pemancaran spektrum garis logam yang bersangkutan. Lampu katoda Pb hanya untuk pengukuran unsur Pb, lampu katoda Cd untuk mengukur Cd dan lampu katoda Cr untuk mengukur Cr. Lampu katoda dibagi menjadi dua macam yaitu

1. Lampu katoda monologam yang digunakan untuk mengukur 1 unsur
2. Lampu katoda multilogam yang digunakan untuk mengukur beberapa logam sekaligus.

Soket pada bagian lampu katoda yang hitam, lebih menonjol digunakan untuk memudahkan pemasangan lampu katoda pada saat lampu dimasukkan ke dalam soket pada AAS⁶⁸.

⁶⁸ Desi Warni, Sofyatuddin Karina, and Nurfadillah Nurfadillah, "Analisis Logam Pb, Mn, Cu, Dan Cd Pada Sedimen Di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah* 2, no. 2 (2017): 246–53.



Gambar alat AAS

(Tindak” (On-line), tersedia www.slideshare.net (diakses pada hari sabtu 17 April 2021, Pukul 19.20.)



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, I., B. Setya, and A. A. Ahadi. "The Effectiveness of Combination of Seaweed (*Gracillaria* Sp.), Blood Clump (*Anadara Granosa*), and Zeolite as Biofilter in the Reduction of Heavy Metal Copper (Cu)." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 236, no. 1 (2019).
- Achmadi, Ivan, Boedi Setya, Annur Ahadi, and Universitas Airlangga. "Journal of Marine and Coastal Science Vol. 9 (3) – September 2020." *Jurnal of Marine and Cosal Science* 9, no. September (2020): 109–11.
- Agustatik, Sri. "Gradasi Pencemaran Sungai Babon Dengan Bioindikator Makrozoobentos." Magister Ilmu Lingkungan, 2010.
- Alfaro-Núñez, Alonzo, Diana Astorga, Lenin Cáceres-Farías, Lisandra Bastidas, Cynthia Soto Villegas, Kewrin Macay, and Jan H. Christensen. "Microplastic Pollution in Seawater and Marine Organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos." *Scientific Reports* 11, no. 1 (2021): 1–8.
- Alina, M, A Azrina, A S Mohd Yunus, S Mohd Zakiuddin, H Mohd Izuan Effendi, and R Muhammad Rizal. "Heavy Metals (Mercury, Arsenic, Cadmium, Plumbum) in Selected Marine Fish and Shellfish along the Straits of Malacca." *International Food Research Journal* 19, no. 1 (2012).
- Amriarni, A, Budi Hendrarto, and Agus Hadiyarto. "Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa* L.) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda Bengalensis* L.) Di Perairan Teluk Kediri." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 9, no. 2 (2012): 45.
- Anggarwati, Ferri. "Penentuan Kadar Pb (Timbal) Dalam Rambut Pekerja Spbu Di Kabupaten Karanganyar Berdasarkan Lokasi Dan Masa Kerjanya Secara Spektrofotometri Serapan Atom." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2007.

Bao, Yongbo, Qing Wang, and Zhihua Lin. "Hemoglobin of the Bloody Clam *Tegillarca Granosa* (Tg-HbI) Is Involved in the Immune Response against Bacterial Infection." *Fish and Shellfish Immunology* 31, no. 4 (2011): 517–23.

Basset, J, and A Hadyana Pudjaatmaka. "Vogel: Buku Ajar Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik," 1994.

Bielicka, A., I. Bojanowska, and A. Wiśniewski. "Two Faces of Chromium - Pollutant and Bioelement." *Polish Journal of Environmental Studies* 14, no. 1 (2005): 5–10.

Breitwieser, Marine, Amélia Viricel, Marianne Graber, Laurence Murillo, Vanessa Becquet, Carine Churlaud, Ingrid Fruitier-Arnaudin, et al. "Short-Term and Long-Term Biological Effects of Chronic Chemical Contamination on Natural Populations of a Marine Bivalve." *PLoS ONE* 11, no. 3 (2016): 1–24.

Campillo, Juan Antonio, Juan Santos-Echeandía, and Beatriz Fernández. "The Hydrological Regime of a Large Mediterranean River Influences the Availability of Pollutants to Mussels at the Adjacent Marine Coastal Area: Implications for Temporal and Spatial Trends." *Chemosphere* 237 (2019).

Chatto Paylangco, Jesiel Cris, Eve Fernandez Gamalinda, Romell Alope Seronay, and Joyeelyn Cagatin Jumawan. "Assessment of Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality in the Littoral Zone of Lake Mainit, Philippines." *Asian Journal of Biological and Life Sciences* 9, no. 3 (2021): 371–78. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2020.9.56>.

Darmono. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia, 1995.

Day, R A, and A L Underwood. "Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam." *Jakarta: Erlangga*, 2002.

Diaman, Gic215034. "Analisa Profil Protein Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Yang Dlipajan Ion Logam Timbal (Pb) Dengan Variasi Konsentrasi." *Skripsi*, 2016.

Donaghy, Ludovic, Hyun Ki Hong, Kyung Il Park, Kajino Nobuhisa,

- Seok Hyun Youn, Chang Keun Kang, and Kwang Sik Choi. "Flow Cytometric Characterization of Hemocytes of the Solitary Ascidian, *Halocynthia Roretzi*." *Fish and Shellfish Immunology* 66 (2017): 289–99. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.009>.
- Donaghy, Ludovic, Christophe Lambert, Kwang Sik Choi, and Philippe Soudant. "Hemocytes of the Carpet Shell Clam (*Ruditapes Decussatus*) and the Manila Clam (*Ruditapes Philippinarum*): Current Knowledge and Future Prospects." *Aquaculture* 297, no. 1–4 (2009): 10–24.
- Duan, N., X. L. Wang, X. D. Liu, C. Lin, and J. Hou. "Effect of Anaerobic Fermentation Residues on a Chromium-Contaminated Soil-Vegetable System." *Procedia Environmental Sciences* 2, no. 5 (2010): 1585–97. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.170>.
- Filipus, R A, A I S Purwiyanto, and F Agustriani. "Bioakumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kerang Darah (Anadara Granosa) Di Perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan." *Maspari Journal* 10, no. 2 (2018): 131–40.
- Gautam, Mamta, Anil Kumar Singh, and Rajiv Mohan Johri. "Effect of Chromium Toxicity on Growth, Chlorophyll and Some Macronutrients of *Solanum Lycopersicum* and *Solanum Melongena*." *Indian Journal of Agricultural Sciences* 84, no. 9 (2014): 1115–23.
- Gürkan, Ramazan, Halil İbrahim Ulusoy, and Mehmet Akçay. "Simultaneous Determination of Dissolved Inorganic Chromium Species in Wastewater/natural Waters by Surfactant Sensitized Catalytic Kinetic Spectrophotometry." *Arabian Journal of Chemistry* 10 (2017): S450–60.
- Hadiprayitno, Gito, Filsa Era Sativa, and Agil Al Idrus. "Kandungan Logam Berat (Hg Dan Mn) Pada *Pilsbryconcha Exilis* Dan Sedimen Yang Terdapat Di Sungai Pelangan, Lombok Barat." *Jurnal Biologi Tropis*, 2017, 273828.

Hasyimi, Rizal. "Kandungan Kolesterol Pada Kerang Darah (Anadara Granosa) Dari Hasil Tangkap Di Kenjeran Surabaya, Sedati Sidoarjo, Dan Bancaran Bangkalan." *Journal of Marine and Coastal Science* 7, no. 1 (2018).

Herawati, Dheasy, and Dosen Fakultas Ilmu Kesehatan. "Pengaruh Perendaman Kerang Darah (Anadara Granosa) Dengan Perasan Jeruk Nipis Terhadap Kadar Merkuri (Hg) Dan Kadmium (Cd)." *Jurnal SainHealth Edisi Maret* 1, no. 1 (2017).

Hossen, Faruk, Sinin Hamdan, and Rezaur Rahman. "Cadmium and Lead in Blood Cockle (Anadara Granosa) from Asajaya , Sarawak , Malaysia." *The Scientific World Journal* 2014 (2014): 4.

Ifa, La, Muhammad Akbar, Ardi Fardi Ramli, and Lastri Wiyani. "Pemanfaatan Cangkang Kerang Dan Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Cu, Pb Dan Zn Pada Limbah Industri Pertambangan Emas." *Journal Of Chemical Process Engineering* 3, no. 1 (2018): 33–37.

Indirawati, Sri Malem. "Pencemaran Pb Dan Cd Dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Kawasan Pesisir Belawan." *Jurnal Jumanik* 2, no. 2 (2017): 54–60.

Jaishankar, Monisha, Blessy Baby Mathew, Moshami Sailesh Shah, Krishna Murthy T.P., and Sangeetha Gowda K.R. "Biosorption of Few Heavy Metal Ions Using Agricultural Wastes." *Journal of Environment Pollution and Human Health* 2, no. 1 (2014): 1–6. <https://doi.org/10.12691/jephh-2-1-1>.

Kama, Nur Asmi. "Efektivitas Bubur Rumput Laut Sebagai Reduktor Logam Timbal Pada Kerang Hijau." *Jurnal ABDI (Sosial, Budaya Dan Sains)* 2, no. 1 (2020).

Khairuddin, M Yamin, and Abdul Syukur. "Analisis Kandungan Logam Berat Pada Tumbuhan Mangrove." *Jurnal Biologi Tropis* 18, no. 1 (2018): 69–79.

Khan, S., Q. Cao, Y. M. Zheng, Y. Z. Huang, and Y. G. Zhu. "Health

Risks of Heavy Metals in Contaminated Soils and Food Crops Irrigated with Wastewater in Beijing, China.” *Environmental Pollution* 152, no. 3 (2008): 686–92.

Khlifi, Rim, and Amel Hamza-Chaffai. “Head and Neck Cancer due to Heavy Metal Exposure via Tobacco Smoking and Professional Exposure: A Review.” *Toxicology and Applied Pharmacology* 248, no. 2 (2010): 71–88.

Kim, Jeong Hwa, Hye Mi Lee, Young Ghan Cho, Jong Seop Shin, Jae Won Yoo, Kwang Sik Choi, and Hyun Ki Hong. “Corrigendum to ‘Flow Cytometric Characterization of the Hemocytes of Blood Cockles *Anadara Broughtonii* (Schrenck, 1867), *Anadara Kagoshimensis* (Lischke, 1869), and *Tegillarca Granosa* (Linnaeus, 1758) as a Biomarker for Coastal Environmental Monitoring’ [M.” *Marine Pollution Bulletin*, no. xxxx (2020): 111809. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111809>.

Kladchenko, E. S., A. Yu Andreyeva, T. A. Kukhareva, and A. A. Soldatov. “Morphologic, Cytometric and Functional Characterisation of *Anadara Kagoshimensis* Hemocytes.” *Fish and Shellfish Immunology* 98, no. December (2020): 1030–32. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.061>.

Kucuk, Y Koray, and Akasya Topcu. “Ecological Risk Assessment and Seasonal-Spatial Distribution of Trace Elements in the Surface Sediment of Trabzon Harbour, Turkey.” *Open Journal of Ecology* 7, no. 5 (2017): 348.

Lestari, Wahyu Fajer. “Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb) Pada Teripang Terung (*Phyllophorus* Sp.) Asal Pantai Kenjeran Surabaya Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2015.

Liu, Jing, Lu Qing Pan, Lin Zhang, Jingjing Miao, and Jing Wang. “Immune Responses, ROS Generation and the Haemocyte Damage of Scallop *Chlamys Farreri* Exposed to Aroclor 1254.” *Fish and Shellfish Immunology* 26, no. 3 (2009): 422–28. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.01.002>.

- Lotfi, Said, Miloud Chakit, and Driss Belghyti. "Groundwater Quality and Pollution Index for Heavy Metals in Sais Plain, Morocco." *Journal of Health and Pollution* 10, no. 26 (2020): 1–12. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.26.200603>.
- Mahmudi, Mohammad, Sulastris Arsad, Mega Charisma Amelia, Hajar Alviyyah Rohmaningsih, and Fiddy Semba Prasetya. "An Alternative Activated Carbon from Agricultural Waste on Chromium Removal." *Journal of Ecological Engineering* 21, no. 8 (2020): 1–9. <https://doi.org/10.12911/22998993/127431>.
- Mohanty, Monalisa, and Hemanta Kumar Patra. "Effect of Ionic and Chelate Assisted Hexavalent Chromium on Mung Bean Seedlings (*Vigna Radiata* L. Wilczek. Var K-851) During Seedling Growth." *Effect of Ionic and Chelate Assisted Hexavalent Chromium on Mung Bean Seedlings (Vigna Radiata L. Wilczek. Var K-851) During Seedling Growth* 9, no. 2 (2013): 232–39.
- Najeeb, Ullah, Waqar Ahmad, Munir Hussain Zia, Malik Zaffar, and Weijun Zhou. "Enhancing the Lead Phytostabilization in Wetland Plant *Juncus Effusus* L. through Somaclonal Manipulation and EDTA Enrichment." *Arabian Journal of Chemistry* 10, no. 2014 (2017): S3310–17. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.01.009>.
- Nasci, C., L. Da Ros, G. Campesan, E. S. Van Vleet, M. Salizzato, L. Sporni, and B. Pavoni. "Clam Transplantation and Stress-Related Biomarkers as Useful Tools for Assessing Water Quality in Coastal Environments." *Marine Pollution Bulletin* 39, no. 1–12 (1999): 255–60. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00094-6).
- Nazir, Mohammad. "Metode Penelitian, Cetakan Keempat." *Jakarta: Ghalia Indonesia*, 1999.
- Nofiyanti, Estin, Ayu Erviena, Gatut Ari Wardani, and Nurcholis Salman. "Analisis Kandungan Cemaran Logam Berat Kromium Pada Anak Sungai Citanduy Kota Tasikmalaya." *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya* 4, no. 2 (2020): 15–18.

- Nuraini, Ria Azizah Tri, Hadi Endrawati, and Ivan Riza Maulana. "Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang." *Jurnal Kelautan Tropis* 20, no. 1 (2017): 48. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1104>.
- Nurhayati, Dewi, and Didha Andini Putri. "Bioakumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Di Musim Hujan Pada Budidaya Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Perairan Cirebon , Jawa Barat Bioaccumulation Of Heavy Metal Mercury (Hg) In Rain Season In Culture Of Green Mussel (*Perna Viridis*) On Cirebon Water" 3, no. April (2018): 38–45.
- Pathansali, D. "Notes on the Biology of the Cockle, *Anadara Granosa* L." *Proceedings of the Indo-Pacific Fisheries Council* 11, no. 2 (1966): 84–98.
- Phuc, T H. "Biological Characters and Technique of Oyster *Anadara Granosa* Culture at Tra Vinh Coastal Water." *Fish Rev* 6 (1997).
- Prasojo, Setyo Adi, Irwani Irwani, and Chrisna Adhi Suryono. "Distribusi Dan Kelas Ukuran Panjang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Di Perairan Pesisir Kecamatan Genuk, Kota Semarang." *Journal of Marine Research* 1, no. 1 (2012): 137–45.
- Romeiro, Solange, Ana M M A Lagôa, Pedro R Furlani, Cleide A De Abreu, Mônica F De Abreu, and Norma M Erisman. "Bjpp 18(4) Modulo 6." *Braz. J. Plant Physiol* 18, no. 4 (2006): 483–89.
- Roziaty, Efri. "Review : Kajian Lichen : Morfologi, Habitat Dan Bioindikator Kualitas Udara Ambien Akibat Polusi Kendaraan Bermotor." *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi* 2, no. 1 (2016): 54. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i1.1632>.
- Sastrawijaya, A Tresna. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta, 1991.
- Satarug, Soisungwan, Scott H. Garrett, Mary Ann Sens, and Donald A. Sens. "Cadmium, Environmental Exposure, and Health

Outcomes.” *Environmental Health Perspectives* 118, no. 2 (2010): 182–90. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901234>.

Satriawan, Erian Febri, Ita Widowati, and Jusup Suprijanto. “Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) Dalam Kerang Darah (Anadara Granosa) Yang Didaratkan Di Tambak Lorok Semarang.” *Journal of Marine Research* 10, no. 3 (2021): 437–45.

Singh, Nrashant, Deepak Kumar, and Anand P. Sahu. “Arsenic in the Environment: Effects on Human Health and Possible Prevention.” *Journal of Environmental Biology* 28, no. 2 SUPPL. (2007): 359–65.

Su, Wenhao, Shanjie Zha, Yichen Wang, Wei Shi, Guoqiang Xiao, Xueliang Chai, Hongxi Wu, and Guangxu Liu. “Benzo[a]pyrene Exposure under Future Ocean Acidification Scenarios Weakens the Immune Responses of Blood Clam, Tegillarca Granosa.” *Fish and Shellfish Immunology* 63, no. October (2017): 465–70. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.02.046>.

Sudsandee, Suntorn, Kraichat, Tantrakarnapa, Prapin Tharnpoophasiam, Yanin Limpanont, Ratchaneekorn Mingkhwan, and Suwalee Worakhunpiset. “Evaluating Health Risks Posed by Heavy Metals to Humans Consuming Blood Cockles (Anadara Granosa) from the Upper Gulf of Thailand.” *Environmental Science and Pollution Research* 24, no. 17 (2017): 14605–15. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9014-5>.

Suprapti, Nanik Heru. “Kandungan Chromium Pada Perairan, Sedimen Dan Kerang Darah (Anadara Granosa) Di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah.” *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi* 10, no. 2 (2012): 36. <https://doi.org/10.14710/bioma.10.2.36-40>.

Suryono, Chrisna Adhi. “Kecepatan Filtrasi Kerang Hijau Perna Viridis Terhadap Skeletonema Sp Pada Media Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu).” *ILMU*

KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences 11, no. 3 (2006): 153–57. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.11.3.153-157>.

Susantoro, Tri Muji, Djoko Sunarjanto, and Ariani Andayani. “Distribusi Logam Berat Pada Sedimen Di Perairan Muara Dan Laut Propinsi Jambi.” *Kelautan Nasional* 10, no. 1 (2015): 1–11.

Syafri, Syafri, Batara Surya, Ridwan Ridwan, Syamsul Bahri, Emil Salim Rasyidi, and Sudarman Sudarman. “Water Quality Pollution Control and Watershed Management Based on Community Participation in Maros City, South Sulawesi, Indonesia.” *Sustainability (Switzerland)* 12, no. 24 (2020): 1–38. <https://doi.org/10.3390/su122410260>.

Taufiq, Moh., Kiptiyah Kiptiyah, and Roihatul Muti'ah. “Pengembangan Dan Validasi Prosedur Pengukuran Logam Timbal (Pb) Dalam Makanan Pendamping Air Susu Ibu Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom.” *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia* 16, no. 1 (2020): 25.

Tavakoly Sany, Seyedeh Belin, Rosli Hashim, Majid Rezayi, Aishah Salleh, Mohammad Azizur Rahman, Omid Safari, and A. Sasekumar. “Human Health Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Consumption of Blood Cockle and Exposure to Contaminated Sediments and Water along the Klang Strait, Malaysia.” *Marine Pollution Bulletin* 84, no. 1–2 (2014): 268–79. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.004>.

Tchounwou, Paul B., Clement G. Yedjou, Anita K. Patlolla, and Dwayne J. Sutton. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology Volume 3: Environmental Toxicology. Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. Vol. 101, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>.

Tiba, T., Y. Shimizu, I. Kita, and T. Tsubota. “Regularities and Irregularities in the Structure of the Seminiferous Epithelium in the Domestic Fowl (*Gallus Domesticus*).” *Anatomia, Histologia, Embryologia* 22, no. 3 (1993): 254–63.

- Tong, S L, S H Goh, A Rani Abdulah, N M Tahir, and C W Wang. "Asean Marine Water Quality Criteria for Oil and Grease." *ASEAN-Canada CPMS-II AMWQC for Oil and Grease Cooperative Programme on Marine Science*, no. March (1999): 1–28.
http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round8/perfuracao_R8/Bibliografia/oil_grease_criteria.pdf.
- Ulfah, Esti Sudaria, Boedi Setya, and Kustiawan Tri. "Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Berbagai Ukuran Kerang Darah (Anadara Granosa) Di Perairan Pantai Bancaran Kabupaten Bangkalan , Madura Study of Heavy Metal Cadmium Content (Cd) In Various Sizes of Blood Shells (Anadara Granosa) In " 8, no. September (2019).
- Warni, Desi, Sofyatuddin Karina, and Nurfadillah Nurfadillah. "Analisis Logam Pb, Mn, Cu, Dan Cd Pada Sedimen Di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah* 2, no. 2 (2017): 246–53.
- Wolińska, Agnieszka, Zofia Stepniewska, and Rafał Włosek. "The Influence of Old Leather Tannery District on Chromium Contamination of Soils, Water and Plants." *Natural Science* 5, no. 2 (2013): 253–58. <https://doi.org/10.4236/ns.2013.52a037>.
- Wu, Yongsheng, Qihui Liang, and Qian Tang. "Effect of Pb on Growth, Accumulation and Quality Component of Tea Plant." *Procedia Engineering* 18 (2011): 214–19.
- Wulandari, Sri Yulina, Bambang Yulianto, Gunawan Widi, and Ken Suwartimah. "Kandungan Logam Berat Hg Dan Cd Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (Anadara Granosa) Dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN)." *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences* 14, no. 3 (2012): 170-175–175.
- Yona, Defri, Andira Andira, and Syarifah Hikmah Julinda Sari. "Lead (Pb) Accumulation in Water, Sediment and Mussels (Hiatula Chinensis) from Pasir Panjang Coast, Lekok-Pasuruan." *Research Journal of Life Science* 3, no. 1 (2016): 49–54.

Yulianto, Bambang, Rini Pramesti, Rozi Hamdani, Sunaryo Sunaryo, and Adi Santoso. "Kemampuan Biosorpsi Dan Pertumbuhan Rumput Laut Gracilaria Sp. Pada Media Mengandung Logam Berat Kadmium (Cd)." *Jurnal Kelautan Tropis* 21, no. 2 (2018): 129. <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i2.3849>.

Zhou, Liqing, Aiguo Yang, Zhihong Liu, Biao Wu, Xiujun Sun, Zhenming Lv, Ji teng Tian, and Meirong Du. "Changes in Hemolymph Characteristics of Ark Shell *Scapharaca Broughtonii* Dealt with *Vibrio Anguillarum* Challenge in Vivo and Various of Anticoagulants in Vitro." *Fish and Shellfish Immunology* 61 (2017): 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.11.031>.

Zhu, ZeWen, LiPu Xu, XinZhong Wu, ZhenGuo Zhang, LiuJi Wu, and HuiFang Lou. "Morphological, Structural Characteristics and Phagocytic and Enzymatic Activities of Haemocytes in Blood Clam *Tegillarca Granosa*." *Journal of Fisheries of China* 35, no. 10 (2011): 1494–1504.

